

## Oscilógrafos

Com o desenvolvimento e aplicação generalizada da corrente alternada colocaram-se vários, mas novos, problemas de medida relativos a regimes transitórios, defasagem de geradores ligados em rede, potência ativa e reativa, etc. Um dos primeiros aparelhos que permite realizar a observação de sinais rápidos síncronos com a rede elétrica foram os oscilógrafos ([ver aqui](#)).

### Do eletrocardiógrafo ao oscilógrafo

Os primeiros eletrocardiógrafos foram baseados num dos seguintes três dispositivos imersos num forte campo magnético, associados a um micro-espelho: 1- fio condutor vibrante, 2- agulha magnética e 3- bobina móvel associada.

A passagem de uma corrente elétrica por estes dispositivos cria uma força de reação com o campo magnético e esta provoca um deslocamento do espelho do dispositivo.

Externamente, sob o espelho, faz-se incidir um raio de luz que será desviado e será projetado num alvo onde criará uma imagem.

Como veremos mais adiante, o oscilógrafo Siemens do Museu Faraday usa o método de dois fios vibrantes imersos num forte campo magnético e que fazem mover a um micro-espelho quando a corrente elétrica passa nos fios.

Muitos destes primeiros instrumentos foram feitos pela empresa inglesa de equipamentos científicos designada por *Cambridge Instruments Co.*

Em 1869, o engenheiro eletrotécnico Alexander Muirhead (1848-1920) fez o primeiro registo com sucesso de um eletrocardiograma adaptando o registador telegráfico desenvolvido por William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907)<sup>1</sup>. Este trabalho de Lord Kelvin viria a ser a base dos impressores telegráficos que se seguiram.

Os sinais cardíacos são relativamente lentos e era necessário criar instrumentos de registo e observação de formas de onda que fossem muito rápidos.

O francês [André Blondel](#) (1863-1968), em 1891 apresentou o primeiro oscilógrafo baseado numa pequena agulha magnética associada a um micro espelho. Foi o próprio Blondel que atribuiu o nome a este instrumento destinado a mostrar o valor instantâneo de uma corrente elétrica.

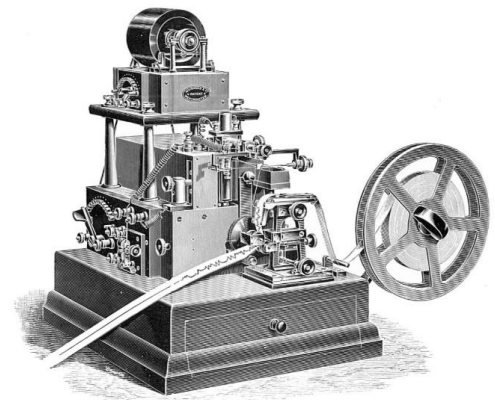
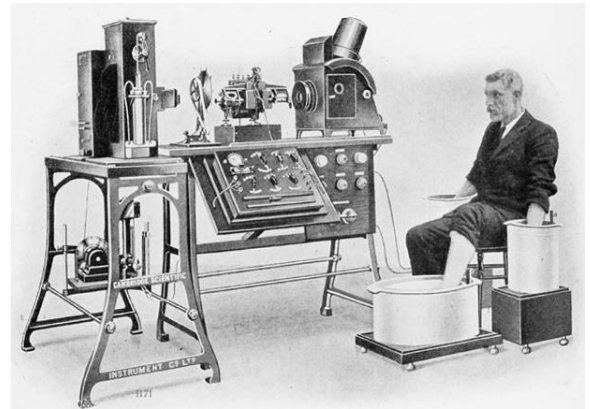


Fig. 2- Registador telegráfico de Thomson (Porthcurno Telegraph Museum).

<sup>1</sup> - Lord Kelvin era o cientista mais renomado na época em que se desenvolveram os primeiros cabos telegráficos. Thomson acabou por explicar teoricamente a ideia de Faraday de que os cabos telegráficos tinham de ser espessos e o isolante também para permitir um débito elevado de sinais de Morse em cabos transatlânticos.

Por volta de 1900 o médico holandês, Willem Einthoven (1860-1927), Prêmio Nobel em 1924, apresentou um eletrocardiógrafo de alta precisão baseado no galvanômetro de mola (um fio condutor esticado no campo magnético de um eletroímã), criando assim o galvanômetro de fio de Einthoven que se mostrou ser o mais rápido dos sistemas conhecidos na época.

Este tipo de eletrocardiógrafo acabou por ser realizado industrialmente pela firma Cambridge e era suficientemente rápido para registrar todas as nuances do funcionamento do coração humano, Fig. 3. Produzia resultados equivalentes aos que produzem os eletrocardiógrafos de hoje<sup>2</sup>.

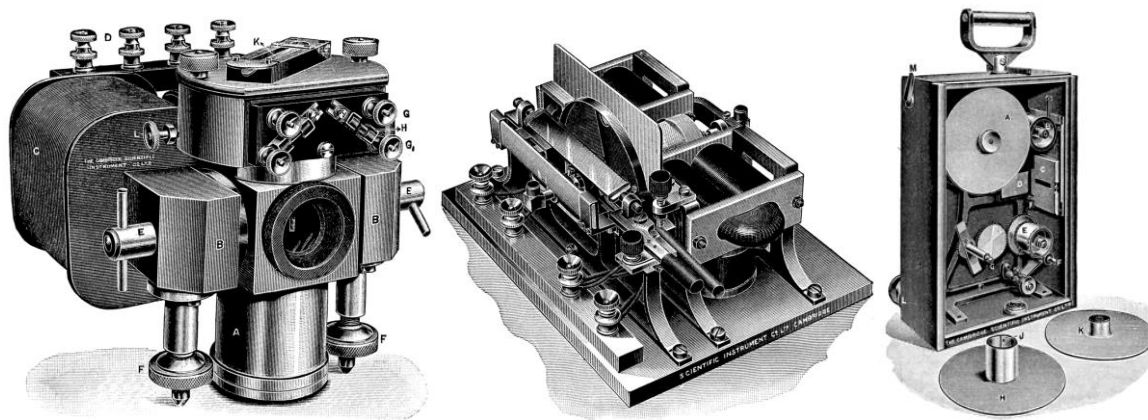


**Fig.3 – Exemplo dos primeiros Eletrocardiógrafos comerciais.**

No fim de contas os eletrocardiógrafos são baseados em oscilógrafos, apesar daqueles terem aparecido primeiro. Estes oscilógrafos são baseados em galvanômetros de bobina móvel à qual está associado um pequeno espelho refletor de um raio de luz externo. Têm duas bobinas com movimentos ortogonais que permitem que o feixe de luz tenha um trajeto que pode desenhar uma imagem bidimensional num ecrã.

No oscilógrafo de William Duddell (1872-1917) os espelhos estão mergulhados num óleo muito fino que amortece as oscilações quando não há qualquer sinal aplicado. Um dos espelhos está ligado a um motor síncrono com a frequência do sinal aplicado ao espelho móvel. Este dispositivo permite visualizar formas de onda de sinais síncronos, mas com a introdução de uma segunda bobina móvel dotada de um espelho e de um novo feixe de luz permite visualizar dois sinais com a mesma frequência, mas que podem estar temporalmente desfasados, permitindo medir desfasagens.

O oscilógrafo de Duddell consiste em três unidades: unidade principal com galvanômetro e ótica, unidade de sincronismo e unidade de registo fotográfico, Fig. 4.



**Fig. 4 - Oscilógrafo de Duddell**  
a) - galvanómetros; b) - varrimento síncrono; c) - registador fotográfico.

<sup>2</sup> - O paciente colocava as mãos e um pé numa solução de sal das cozinhas para criar elétrodos de referência de potencial para os elétrodos que colhiam os sinais elétricos do coração.

### O oscilógrafo Siemens do Museu Faraday

No Museu Faraday do IST está exposto um oscilógrafo Siemens de 1925, dotado de três feixes óticos e três galvanómetros de espelho. Na fig. 5 pode ver-se a constituição interna de um galvanómetro que está dentro de um cilindro imerso em óleo muito fino. Este galvanómetro permite visualizar sinais com frequências que podem ir de DC até AC de 1 kHz.

Este oscilógrafo está a ser demonstrado para observar as formas de onda de um alimentador de corrente contínua de 24 V DC a partir de 24 V de corrente alternada de 50 Hz, proveniente da rede elétrica.

Como se pode observar na Fig. 6 o oscilógrafo é composto por uma fonte (1) de luz que gera três feixes luminosos (7), um suporte (4) onde se podem colocar três galvanómetros de espelho (2) um cilindro (3) com 10 lâminas de espelhos refletoras dos feixes de luz, acionado por um motor ( um motor (5 e 6) que move a roda de espelhos refletoras e é alimentado com 220 V 50 Hz da rede elétrica.

O motor roda com uma velocidade baixa, síncrona com a frequência da rede elétrica (50 Hz), mas a existência de 10 lâminas de vidro espelhadas na superfície do cilindro vertical originam uma velocidade de varrimento dez vezes superior e que é suficiente para que o feixe de luz origine no alvo um traço horizontal contínuo.

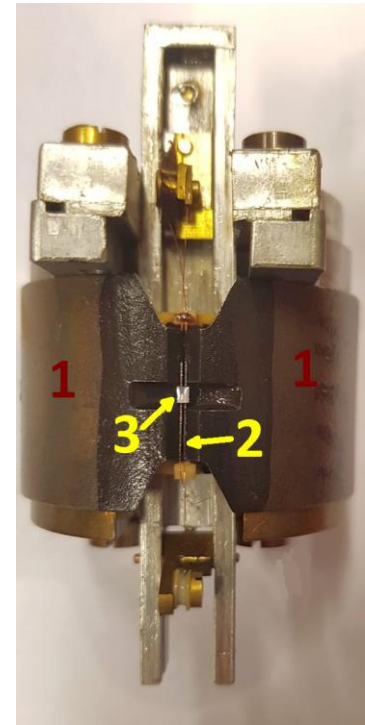


Fig. 5 – Detalhe de um galvanómetro  
1- Magneto; 2- Dois fios de suporte;  
3 - espelho.

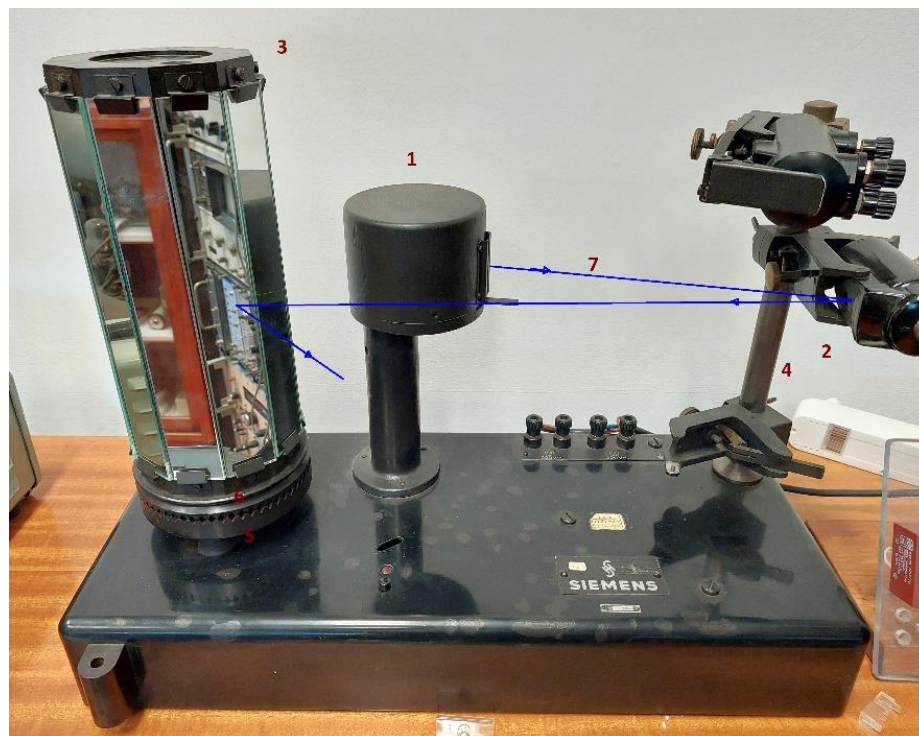


Fig. 6 – Oscilógrafo Siemens.

1- Fonte luminosa geradora do feixe de luz; 2- galvanómetro de espelho; 3- roda de espelhos; 4- suporte dos galvanómetros 5 estator do motor; 6- rotor do motor; 7- feixe de luz.



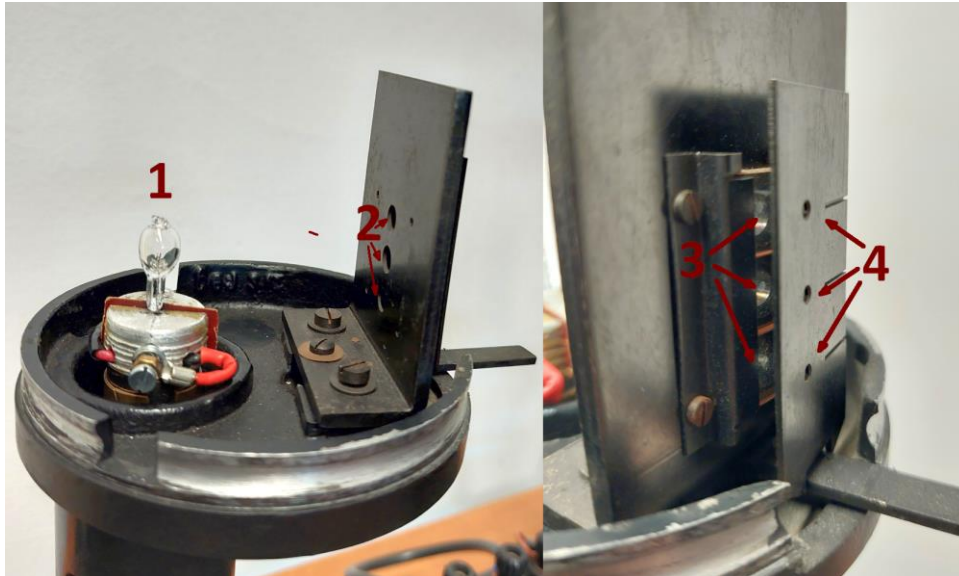


Fig. 7 - Fonte de feixes de luz.

1 - Lâmpada de halogênio; 2 - orifícios limitadores de luz; 3 - lentes condensadoras; 4 - orifícios limitadores a espessura dos feixes.

A fonte de feixes luminosos é constituída por uma lâmpada de 12 V AC com filamento concentrado e por três lentes que tornam os raios de luz paralelos (condensador ótico) que ao passarem pelos orifícios de uma placa originam feixes óticos muito finos, Fig. 7.

Os feixes óticos são defletidos na vertical pelos espelhos dos galvanômetros, com uma variação temporal igual à dos sinais aplicados aos galvanômetros e os feixes são encaminhados para a roda de espelhos que desvia os feixes óticos na direção horizontal. Os feixes óticos projetam-se sobre um alvo translúcido que permite a passagem da luz e observar as formas de onda dos sinais aplicados aos galvanômetros.



Fig. 8 -Roda de espelhos (varrimento horizontal dos feixes)

[Pode ver aqui um pequeno vídeo do oscilógrafo a funcionar com um único canal.](#)

### A experiência no Museu Faraday com o oscilógrafo.

No Museu Faraday fazíamos demonstrações com vários osciloscópios eletrônicos que tinham em vista explicar para que servem estes aparelhos. Para pessoas sem conhecimentos técnicos não é fácil explicar as demonstrações e o que se está a passar. Com oscilógrafo mecânico é possível fazer a demonstração em

pequenos passos sucessivos e explicar como a experiência vai evoluindo ao longo da demonstração. Realizamos um alimentador de tensão contínua de 24 V e de -24 V a partir de 24 V de tensão alternada obtida a partir da rede elétrica de 220 de 50 Hz, com um transformador elétrico.

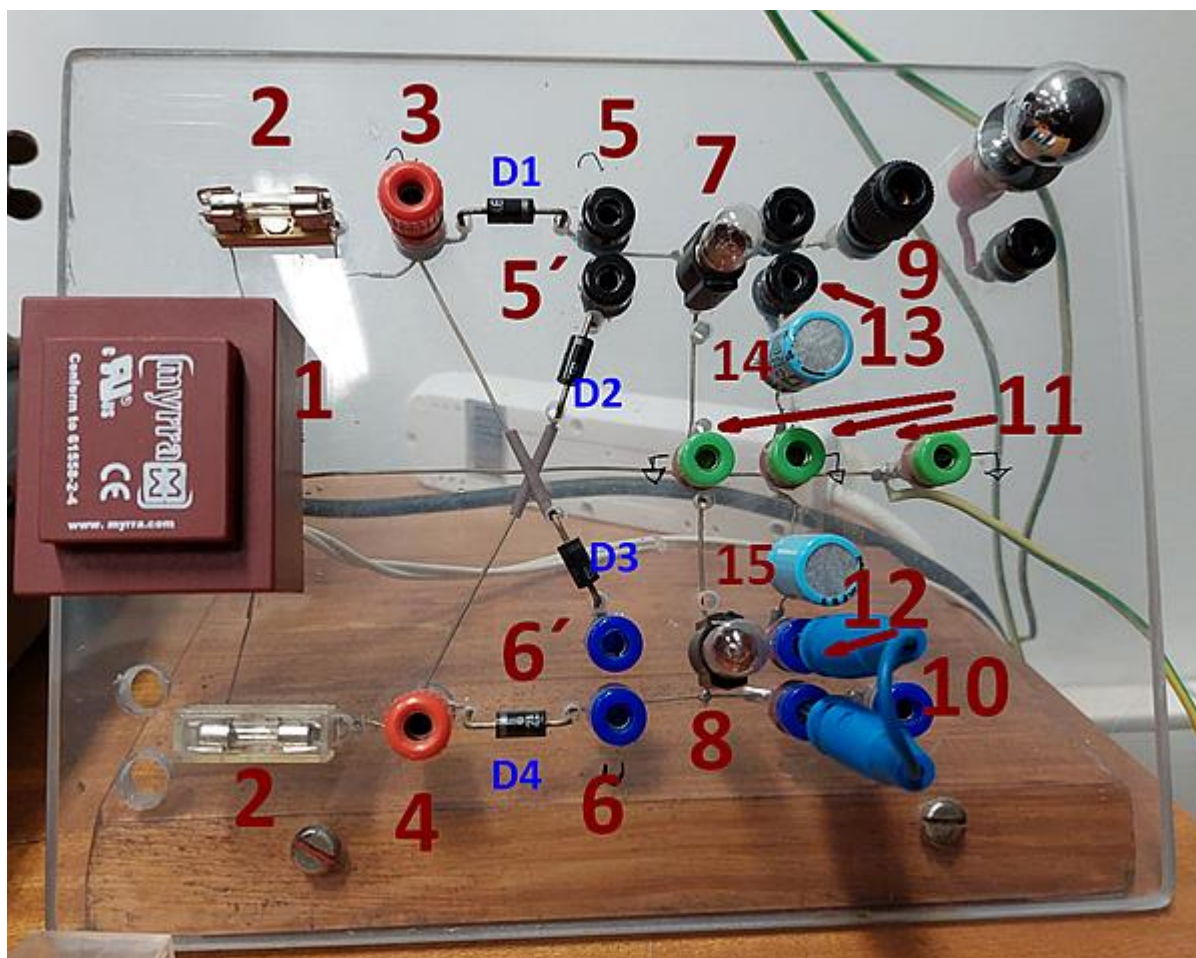


Fig. 9 - Demonstrador- Conversor AC DC (alimentador de tensão contínua).

- 1- Transformador redutor de 220 V AC para 24 V Ac e -24 V AC; 2- Fusíveis e proteção; D1 a D4 -diodos retificadores; 7 e 8 – Lâmpadas de 24 V; 14 e 15 - Condensadores de filtragem.

O demonstrador está dotado de bornes de acesso a vários pontos do circuito e o oscilógrafo tem dois terminais de entrada munidos de pontas de prova, mas uma ponta está permanentemente ligada à massa (ponto 11 da Fig. 9). A ponta livre pode ligar-se a qualquer dos bornes de teste. O demonstrador permite observar as tensões alternadas desfasadas de  $180^\circ$ , geradas pelo transformador, e permite configurar a retificação de tensão alternada em meia onda ou onda completa, gerando tensão contínua positiva e/ou negativa. Os condensadores 14 e 15 podem ser usados para filtrar as tensões retificadas.

### Os osciloscópios

A utilização de feixes eletrônicos para visualizar formas de onda deve-se a Karl Braun (1850-1918), físico alemão, que em 1897 fez o primeiro osciloscópio, nessa época como uma simples curiosidade física, mas que iria ter um enorme impacto nos sistemas de medida e no desenvolvimento da televisão.

Em 1899 o alemão [Jonathan Zenneck](#) (1871 – 1959), assistente do Prof. Karl Braun, introduziu elétrodos defletores no tubo de Braun e introduziu bobinas de deflexão magnética de um feixe eletrônico obtendo-se o tubo de raios catódicos mais parecido com os atuais. Este sistema já permitia visualizar imagens bidimensionais (2 eixos).